ANALYSE DES MÉLANGES BITUMINEUX AU QUÉBEC

P
anin

Hisc pubns
1975 c2

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DES TRANSPORTS
SERVICE DES SOLS ET MATÉRIAUX
LABORATOIRE CENTRAL

ANALYSE DES MÉLANGES BITUMINEUX AU QUÉBEC

par
Richard Langlois, ing. M. Sc.
Guy Roberge, tech.
Michel Côté, tech.

Deuxième édition — 1975
Service des sols et matériaux
Laboratoire central
Ministère des transports

Dépôt légal
1er trimestre 1975
Bibliothèque nationale du Québec

101-06511/

Remerciements

Le présent travail a été rendu possible grâce à la collaboration de nombreux ingénieurs et techniciens qui depuis 1965 ont oeuvré dans le domaine des mélanges bitumineux.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements 3
Table des matières 5
Liste des graphiques, liste des photos, et liste des tableaux .. 7
Introduction 9

PARTIE 1 **EXPLICATION DES MODIFICATIONS À L'ASTM**

1.1. Compactage 11
1.2. Densité maximum 14
1.3. Extraction du bitume 17
1.4. Granulométrie 19
1.5. Récupération du bitume 19

PARTIE 2 **MÉTHODES D'ESSAI**

2.1. Marshall standard 21
2.2. Compactage ASTM D 1559 22
2.3. Densité brute (réelle) ASTM D 2726 24
2.4. Densité maximum (Rice) ASTM D 2041 26
2.5. Stabilité et déformation ASTM D 1559 29
2.6. Extraction du bitume ASTM D 2172 33
2.7. Récupération du filler 36
2.8. Granulométrie ASTM C 136 39
2.9. Récupération du bitume 41

PARTIE 3

3.1. Détermination du pourcentage optimum de bitume 45

PARTIE 4

4.1. Essais Marshall modifiés 51
Références 53
Biographie 55

Liste des graphiques:

1. Influence du compactage mécanique sur la densité brute.
2. Influence de la température de compactage sur la densité brute.
3. Influence de la température de compactage sur la stabilité à 140° F.
4. Effets de la durée de chauffage sur la densité brute et la stabilité.
5. Influence du temps sous vide dans l'essai de densité maximum.
6. Influence de l'agitation du récipient dans l'essai de densité maximum.
7. TITRE (perte de Filler en poids — lavage)
8. Montage pour la distillation et la récupération du bitume
9. Diagramme design

Liste des photos:

1. Compactage (marteau mécanique)
2. Densité brute (pesée dans l'eau)
3. Densité maximum (vide et agitation)
4. Densité maximum (pesée dans l'eau)
5. Bain à température constante
6. Stabilomètre Marshall
7. Extraction du bitume
8. Séchage du plat après extraction
9. Récupération du filler
10. Tamisage mécanique
11. Distillation-Récupération du bitume
12. Malaxeur-Détermination du % optimum de bitume.

Liste des tableaux:

1. Facteur de correction (Stabilité Marshall)
2. Récupération de filler (Méthode de centrifuge)
3. Compilation de données pour la détermination du % optimum de bitume.

INTRODUCTION

Plusieurs laboratoires, tant des firmes privées que du Service des Sols et Matériaux, exécutent les essais sur les mélanges bitumineux produits pour le Ministère des Transports du Québec. À la suite de programmes d'échanges et quelques visites dans différents laboratoires, la nécessité d'uniformiser les méthodes d'exécution de ces essais devint évidente, car des interprétations différentes et des modifications étaient apportées aux méthodes normalisées de l'ASTM.

Comme une partie du mandat du Laboratoire Central consiste à établir des normes sur les essais, la section des Mélanges Bitumineux de ce Laboratoire a donc procédé à cette normalisation.

Ainsi le présent travail apporte dans une première partie les raisons qui motivent des changements aux méthodes normalisées de l'ASTM. La deuxième partie décrit les méthodes d'essai préconisées pour l'analyse des mélanges bitumineux au Québec.

Partie 1

EXPLICATION DES MODIFICATIONS À L'ASTM

Les modifications sont appuyées sur différentes études et la longue expérience de contrôle du Laboratoire de la Voirie dans le domaine des mélanges bitumineux.

Les précisions et modifications à la procédure indiquée par l'ASTM[1] au sujet des différents essais concernent le compactage, la densité maximum, l'extraction du bitume, la granulométrie et la récupération du bitume.

1.1 Compactage

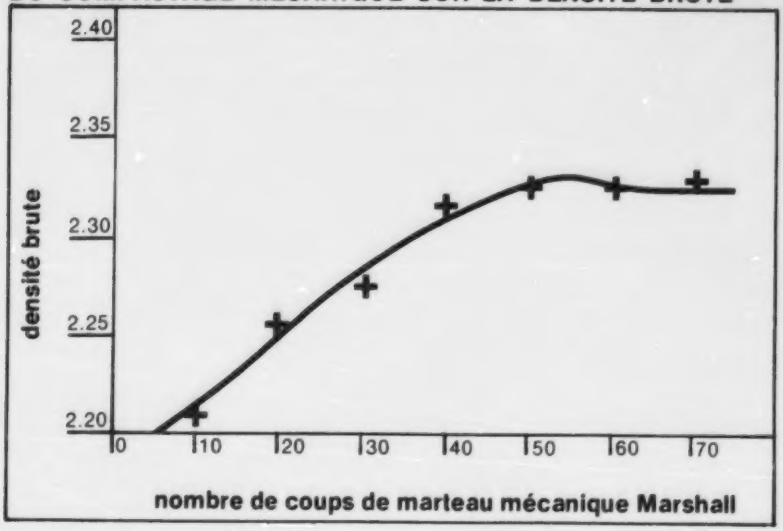
Le Laboratoire Central spécifie 60 coups au lieu de 50 pour diverses raisons.

À la suite d'essais faits en laboratoire, on constate qu'après 50 coups la densité brute n'augmente plus (Graphique 1). Par ailleurs il faut compenser pour l'usure des marteaux et l'erreur possible dans le comptage des coups. Or, en faisant le compactage à 60 coups, on peut se permettre d'avoir une course réduite de 1 po., un marteau pesant ½ lb. de moins, une précision de deux coups sur le comptage et obtenir encore une énergie suffisante pour un compactage maximum.

En effet, l'énergie de compactage à 60 coups, marteau de 10 lb., hauteur de chute de 18 po. est égale à 10 800 lb/po. Celle à 50 coups, même poids et même hauteur de chute égale le 9 000 lb./po. Une diminution de 1 lb. sur le poids du marteau, 1 po. sur la hauteur de chute et de 2 coups sur le comptage réduit l'énergie respectivement de 540 lb, 600 lb et 360 lb/po. soit un total de 1,500 lb./po. À 60 coups, même avec ces erreurs, il reste encore 9,300 lb./po.

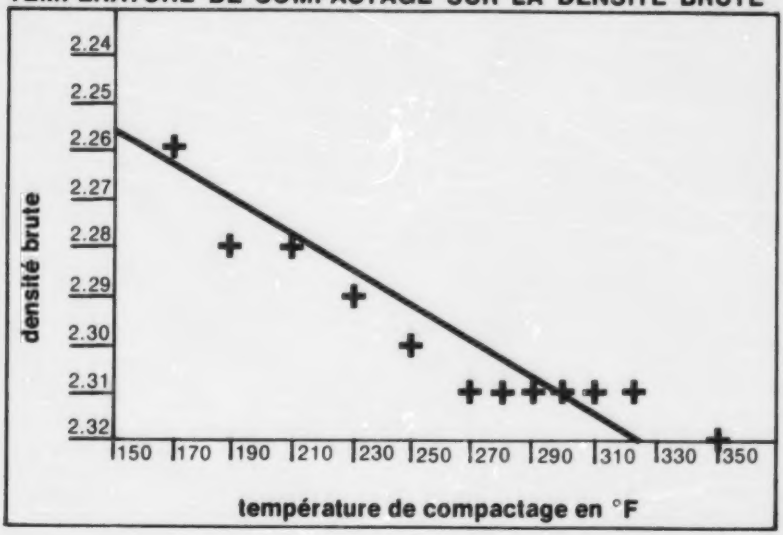
GRAPHIQUE 1

INFLUENCE DU COMPACTAGE MÉCANIQUE SUR LA DENSITÉ BRUTE



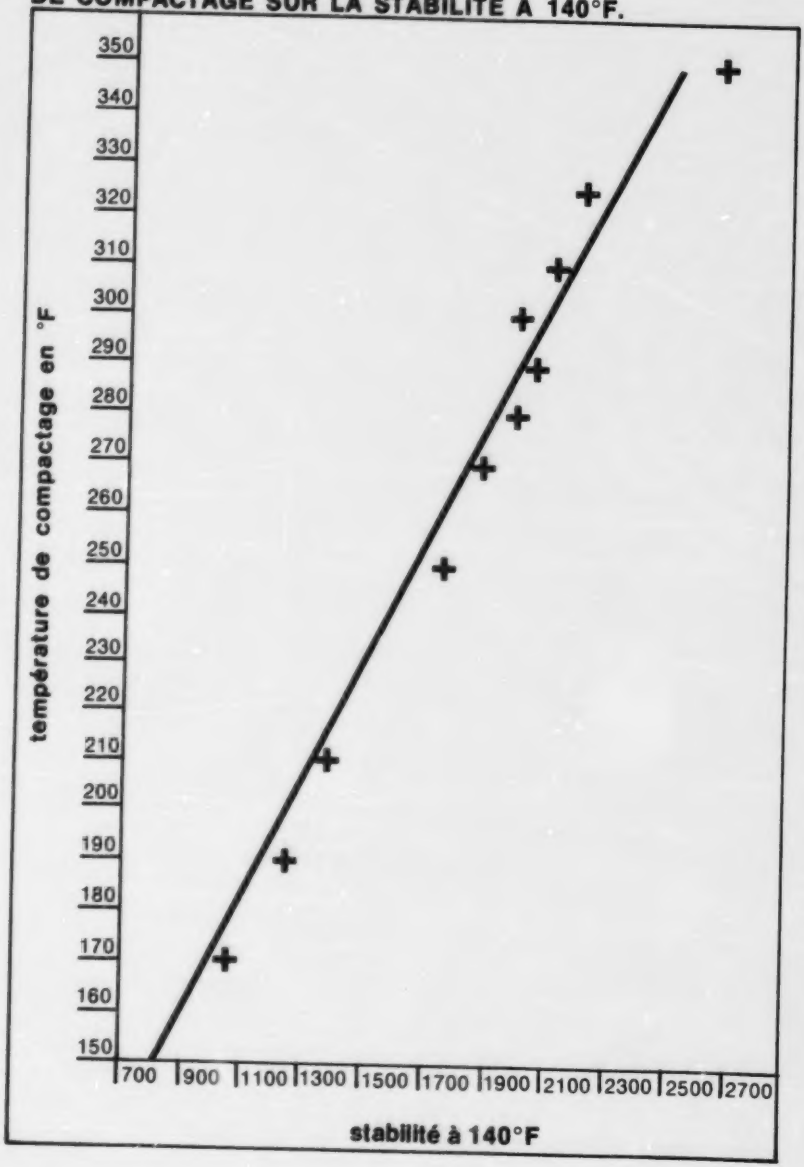
GRAPHIQUE 2

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE COMPACTAGE SUR LA DENSITÉ BRUTE



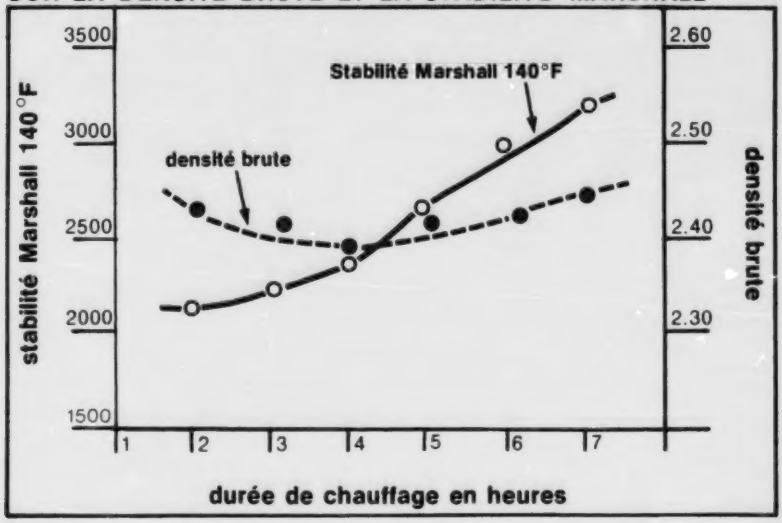
INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE DE COMPACTAGE SUR LA STABILITÉ À 140°F.

GRAPHIQUE 3



GRAPHIQUE 4

EFFETS DE LA DURÉE DE CHAUFFAGE SUR LA DENSITÉ BRUTE ET LA STABILITÉ MARSHALL



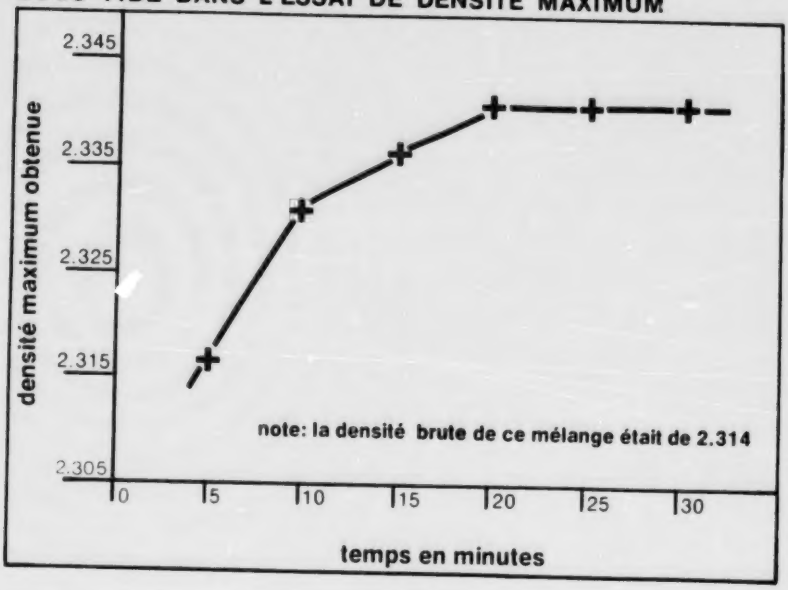
Pour ce qui est de la température du mélange ainsi que la durée de chauffage lors du comptage, les graphiques 2, 3 et 4 montrent l'influence respective sur les valeurs résultantes de densité brute et de stabilité.

1.2 Densité maximum

L'ASTM [1] indique un temps sous vide de 15 minutes avec une variation possible de plus ou moins 2 minutes. Le Laboratoire Central spécifie 20 minutes, parce qu'à la suite d'études il a été démontré que 15 minutes ne permettent pas d'obtenir une densité maximum (Graphique 5).

De plus, le graphique 6 montre clairement qu'une agitation mécanique continuelle permet d'atteindre la densité maximum, alors que la méthode préconisée par l'ASTM [1] ne le permet pas.

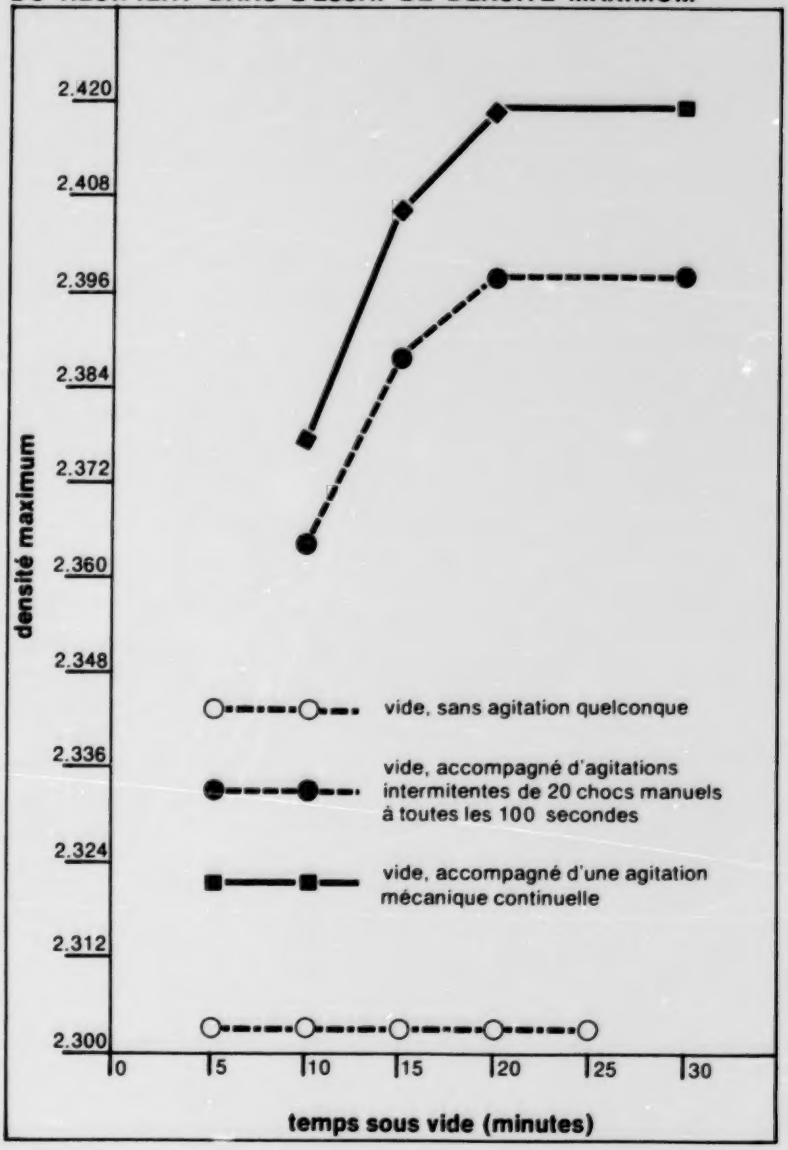
INFLUENCE DU TEMPS GRAPHIQUE 5
SOUS VIDE DANS L'ESSAI DE DENSITÉ MAXIMUM



Enfin, l'ASTM[1] indique que la lecture du poids dans l'eau doit se faire après une immersion de 10 minutes, or une étude a démontré que 3 minutes sont nécessaires et suffisantes, mais qu'un temps plus long n'apporte qu'un changement de $\frac{1}{10}$ de 1%, pour des temps de 3 à 6 minutes et aucun changement appréciable après 6 minutes.

GRAPHIQUE 6

INFLUENCE DE L'AGITATION DU RÉCIPIENT DANS L'ESSAI DE DENSITÉ MAXIMUM



1.3 Extraction du bitume

Des études effectuées au Laboratoire du Ministère des Transports durant l'année 1971 ont permis d'apporter des modifications importantes à la méthode décrite dans l'ASTM [1].

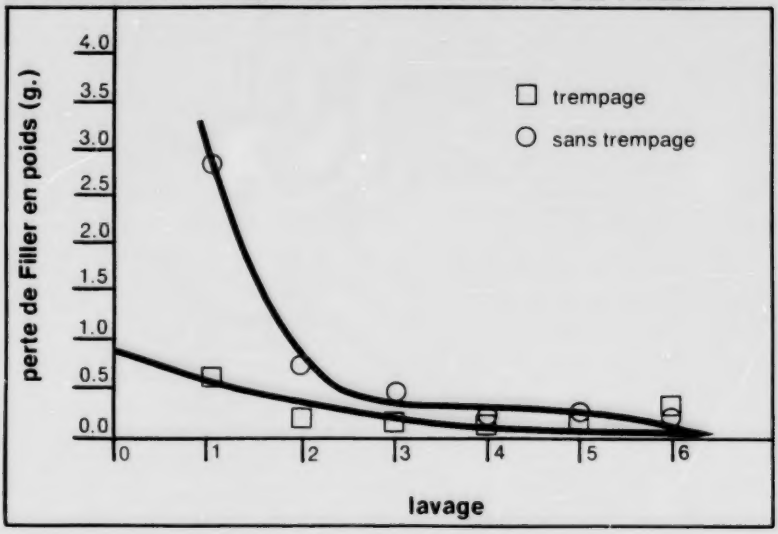
Deux types d'appareils furent utilisés, le centrifuge (méthode A) et celui dit à reflux (méthode B). Le centrifuge fut employé selon la méthode ASTM [1] (augmentation progressive de la vitesse jusqu'à 3 600 tr/mn et période de trempage ne dépassant pas 1 heure) et selon la méthode usuelle du Laboratoire du Ministère (ajustement dès le départ de la vitesse à 2 200 tr/mn, sans trempage) (Graphique 7). De plus, deux méthodes de correction pour la perte de filler lors de l'extraction ont été utilisées: celle de l'ASTM [1] (cendres) et celle du Laboratoire utilisant un centrifuge.

Le tableau suivant donne les résultats du pourcentage moyen de bitume, basés sur 20 analyses, et l'écart type obtenu avec chacune des méthodes d'extraction mentionnées plus haut.

MÉTHODES D'EXTRACTION	ASTM	REFLUX	LABORATOIRE
% bitume retrouvé	7.99	7.22	7.84
écart	.497	.197	.277
% bitume corrigé (ASTM)	6.99	7.03	6.97
écart	.138	.132	.102
% bitume corrigé (centrifuge)	7.24	7.05	7.19
écart	.247	.097	.099

GRAPHIQUE 7

INFLUENCE DU TREMPAGE SUR LA PERTE DE FILLER



La teneur en bitume des échantillons analysés avait été établie à 7% lors de leur fabrication en laboratoire. Comme la sensibilité des balances était de 0,1 g. la teneur établie avait donc une précision de 0,01% puisque les échantillons pesaient 1 000 g.

Les résultats démontrent que l'appareil à reflux donne, sans la correction, les résultats les plus près de la valeur réelle, et les moins variables. Également, ils montrent la supériorité de la méthode du Laboratoire sur celle de l'ASTM[1] quant à l'extraction du bitume.

Cette étude démontre également la nécessité de mesurer la perte de filler à travers les filtres, surtout si l'extraction est faite au centrifuge.

Cette mesure permet, non seulement de déterminer plus justement la teneur en bitume d'un mélange, mais encore elle diminue les variations inhérentes à l'essai lui-même.

1.4 Granulométrie

Pour le tamisage le Laboratoire recommande le système mécanique de type "RO-TAP" car une étude comparative de différents modèles a démontré sa supériorité tant au point de vue précision de l'essai que durabilité et facilité d'entretien de l'appareil lui-même.

De plus, avec cet appareil, la granulométrie en série est facilitée en pouvant spécifier un temps fixe à l'agitation soit 20 minutes, contrairement au temps variable de l'ASTM[2].

1.5 Récupération du bitume

La méthode recommandée n'est pas celle de l'ASTM[1] mais plutôt celle du laboratoire de la Ville de Montréal[3] qui est aussi précise et plus facile d'utilisation.

Partie 2

MÉTHODES D'ESSAI

Les méthodes d'essai préconisées sont celles décrites par l'ASTM[1] sauf quelques modifications expliquées dans la partie 1.

C'est pourquoi la description des essais comprend, outre ces modifications, une traduction abrégée de l'ASTM[1] sur des points importants de certains essais.

La méthode Marshall, telle qu'elle est utilisée au Québec, n'est applicable qu'aux mélanges à base de bitume routier et d'agrégats de dimension ne dépassant pas 1 po. (25,4 mm). La méthode peut être employée pour l'étude en laboratoire et pour le contrôle en chantier.

2.1 Marshall standard

2.1.01 Préparation de l'échantillon

Porter la température de tout l'échantillon reçu à 200° F. (93° C) et prélever par inquartation les quantités nécessaires pour chacun des essais suivants:

Compactage: ..... environ 1 200 g.
Densité maximum: ..... environ 500 g.
Extraction du bitume: ..... environ 1 000 g.

N.B.: La température de 200°F. (93°C) est suffisante pour effectuer les essais de densité maximum et d'extraction du bitume.

2.2 Compactage (ASTM D 1559)

2.2.01 Préparation de l'éprouvette

Placer au four la partie destinée au compactage, jusqu'à ce qu'elle atteigne la température de 300° F. (149° C).

2.2.02 Appareils (Photo 1)

— Un socle en bois à section carrée de 8 po. x 8 po. (203,2 mm x 203,2 mm) x 18 po. (457,2 mm) de hauteur, recouvert d'une plaque métallique de 12 po. (304,8 mm x 304,8 mm) le tout placé sur un plancher rigide.

— Un ensemble de compactage constitué par une plaque de base, un moule et une hausse. Le moule doit avoir 4 po. (101,6 mm) de diamètre intérieur et environ 3 po. (76,2 mm) de hauteur; la plaque de base et la hausse peuvent être adaptées à l'une ou l'autre extrémité du moule.

— Un marteau de compactage d'un poids de 10 lb. (4,536 kg) constitué par une plaque circulaire de 3⅞ po. (98,4 mm) de diamètre et conçu pour une chute libre de 18 po. (454,2 mm.)

— Un support pour le moule de compactage constitué par un dispositif à ressort permettant de maintenir solidement le moule en place.

— Un dispositif de démoulage constitué d'un verin hydraulique et une presse pour démouler l'éprouvette compactée.

— Une spatule dont la lame a une largeur de 1 po. (25,4 mm) et une longueur minimum de 6 po. (152 mm).

2.2.03 Procédé

— Avant le compactage, nettoyer parfaitement et chauffer la face du marteau et les moules.

— Placer au fond du moule un disque de papier. Introduire la quantité de mélange (soit environ 1 200 g. préalablement chauffé à 300°F.) dans le moule.

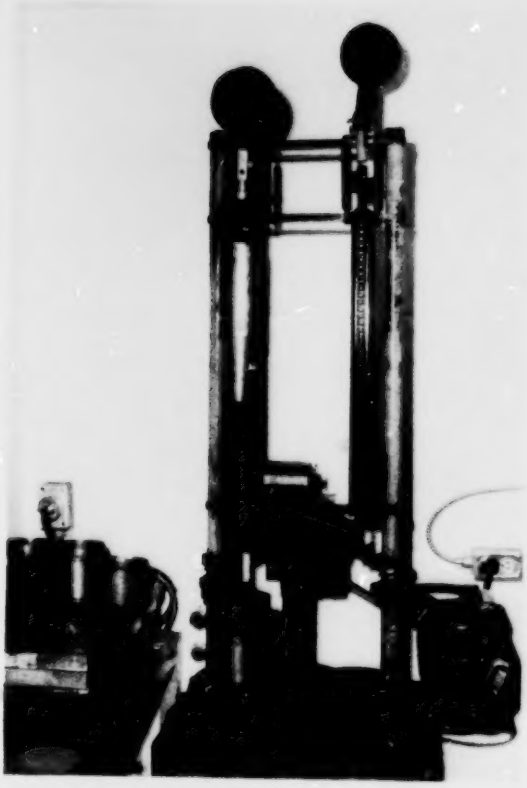


Photo 1 Compactage (marteau mécanique)

— Donner 15 coups de spatule autour du moule et 10 coups au centre; lisser le sommet du mélange qui doit être légèrement bombé et placer un autre disque de papier.
N.B.: La tige à bout arrondi de ¼ po. (6,35 mm) est à déconseiller car elle favorise la ségrégation.

— Appliquer 60 coups de marteau de chaque côté si le marteau utilisé est mécanique avec plaque de base tournante et 75 coups pour un marteau manuel ou mécanique avec plaque de base fixe.

— Retirer le moule, le placer avec l'éprouvette en position contraire à celle du compactage, et laisser refroidir à la température de la pièce avant de démouler.

— Poser soigneusement l'éprouvette sur une surface bien au niveau et lisse, afin d'éviter toutes déformations jusqu'au moment de l'essai.

— Laisser refroidir les éprouvettes à la température ambiante avant de procéder aux essais.
N.B.: On ne doit pas effectuer de densité ou de stabilité dans la même journée que les éprouvettes sont compactées. L'éprouvette compactée doit avoir une hauteur de 2½ po. ± ⅛ po. (63 mm ± 3 mm).

2.3 Densité brute réelle (ASTM D 2726)

2.3.01 Définition

— La densité brute est le rapport du poids dans l'air de l'éprouvette sèche et compactée sur son volume total.

2.3.02 Appareils (Photo 2)

— Une balance ayant une capacité d'au moins 3 000 g. et une sensibilité de 0.1 g. ou moins.

— Un panier de métal pouvant contenir l'éprouvette compactée.

— Un contenant avec un débit d'eau contrôlé pour immerger le panier dans l'eau et maintenir un niveau d'eau constant. L'eau devra être changée au moins une fois par semaine.

— Un dispositif en métal permettant la suspension du panier à la balance.

2.3.03 Procédé et calculs

— Déterminer le volume brut de l'éprouvette par la différence entre le poids dans l'air de l'éprouvette compactée (saturée) et son poids dans l'eau.

N.B.: La lecture du poids dans l'eau de l'éprouvette s'effectue après une attente d'au moins 3 minutes d'immersion.

$$DB = \frac{Pa}{Pas - Pe}$$

DB : Densité brute.
Pa : Poids dans l'air de l'éprouvette sèche.
Pas: Poids dans l'air de l'éprouvette saturée et asséchée en surface.
Pe : Poids de l'éprouvette dans l'eau.

N.B.: Dans le cas d'une éprouvette ne contenant aucune humidité, on peut effectuer d'abord la pesée dans l'air. Dans le cas d'une éprouvette prélevée sur la route, on doit d'abord effectuer la pesée dans l'eau, (Pe) ensuite assécher la surface et peser dans l'air (Pas). Enfin, on doit placer l'éprouvette dans un plat préalablement pesé et sécher à l'étuve à 230 °F (110 °C) jusqu'à poids constant, laisser refroidir et peser dans l'air.

Photo 2 Densité brute (pesée dans l'eau)

2.4 Densité Maximum RICE (ASTM D 2041)

2.4.01 Définition

— La densité maximum est le rapport du poids dans l'air d'un spécimen sur son volume minimum, mesurable en laboratoire.

2.4.02 Appareils

— Une balance ayant une capacité d'au moins 3 000 g et une sensibilité supérieure à 0,1 g.

— Une fiole, genre cruche à jus, d'une capacité d'au moins 1 000 ml.

N.B.: Elle doit être suffisamment forte pour résister au vide partiel. L'embouchure doit être régulière et polie pour donner un joint étanche. La fiole est étanchée par un bouchon de caoutchouc et relié à une autre fiole (pour empêcher l'eau d'atteindre la pompe) puis à la pompe à vide par un boyau de caoutchouc.

— Une pompe à vide ou un aspirateur d'eau pour évacuer l'air du contenant.

— Un système de mesure du vide.

2.4.03 Procédé

— Placer l'échantillon d'environ 500 g dans une grande tôle et laisser refroidir à la température ambiante.

— Séparer les particules de l'échantillon sans briser les particules minérales, de sorte que les agglomérations d'un agrégat fin ne soient pas plus grosses que ¼ po. (64 cm ou 6,4 mm).

— Placer le mélange dans la fiole et peser dans l'air. Ajouter une certaine quantité d'eau (température de la pièce) pour couvrir l'échantillon.

— Chasser l'air emprisonné en assujettissant le contenu à un vide partiel (pression inférieure à 3 cm de mercure, mini-

mum 28 sur l'indicateur de vacuum) pendant 20 minutes sur un **agitateur mécanique** (Photos 3 et 4)

— Peser ensuite la fiole avec son contenu dans l'eau en prenant soin de l'incliner légèrement pour éviter la formation d'un coussin d'air sous la fiole lors de son entrée dans l'eau.

N.B.: En inclinant la fiole, prendre soin que l'air ambiant ne vienne pas en contact avec le mélange. De plus, la lecture du poids dans l'eau ne doit se faire qu'après une immersion d'au moins 3 minutes.

2.4.04 Calculs

$$Dm = \frac{A - B}{(A - B) - (C - D)}$$

où A = Poids de la fiole + mélange dans l'air
B = Poids de la fiole dans l'air
C = Poids de la fiole + mélange dans l'eau
D = Poids de la fiole dans l'eau
Dm = Densité maximum

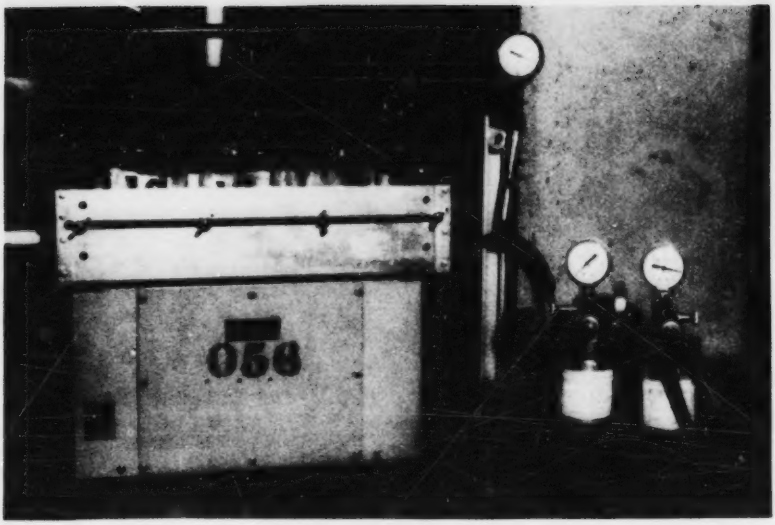


Photo 3 **Densité maximum (vide et agitation)**

Photo 4 **Densité maximum (pesée dans l'eau)**

2.5 Stabilité et déformation (ASTM D 1559)

2.5.01 Définition

— La stabilité est la résistance à la déformation d'une éprouvette sous l'effet d'une charge. Elle est exprimée en livres.

2.5.02 Appareils

— Un bain à température constante muni de 1 ou 2 thermomètres pour indiquer précisément la température de l'eau et d'un support ou tablette perforé supportant les briquettes à au moins 2 po. (51 mm) du fond. (Photo 5)

N.B.: Un système d'agitation d'eau aidera grandement à maintenir la température de l'eau uniformément dans le bain.

— Un extensiomètre pour enregistrer la déformation produite par la charge maximum appliquée.

— Un stabilomètre Marshall mû électriquement et conçu pour appliquer des charges, aux éprouvettes, à une vitesse constante de 2 po. par minute (50,8 mm par minute) et pourvu d'un anneau dynamométrique étalonné pour déterminer la charge appliquée. (Photo 6)

— Deux mâchoires semi-cylindriques, dont une est munie de tiges de guidage.

2.5.03 Procédé

— Une fois la densité brute connue, immerger l'éprouvette dans le bain pendant 30 minutes à la température de 140° F. (60°C).

— Nettoyer parfaitement les parois intérieures des mâchoires, huiler légèrement les tiges de guidage pour permettre à la mâchoire supérieure de glisser librement sans se coincer.

— Vérifier si l'indicateur à cadran est solidement fixé et réglé à "O" avant de commencer l'essai.

— Retirer l'éprouvette du bain et sécher soigneusement la surface. Placer dans la mâchoire inférieure l'éprouvette et centrer. Placer ensuite la mâchoire supérieure et centrer

l'appareillage complet sur la presse. Placer l'indicateur de déformation et l'ajuster à "0".

N.B.: L'opération, c'est-à-dire l'essai de stabilité et de déformation, doit être terminée moins de 30 secondes après la sortie de l'éprouvette du bain. L'indicateur de déformation doit être maintenu en place jusqu'au moment où la charge maximale commence à décroître.

2.5.04 Calculs

— Faire la correspondance entre la lecture relevée au moment de l'essai et la charte de calibration; multiplier la nouvelle lecture par le facteur de correction correspondant au volume brut de l'éprouvette (Voir tableau I).

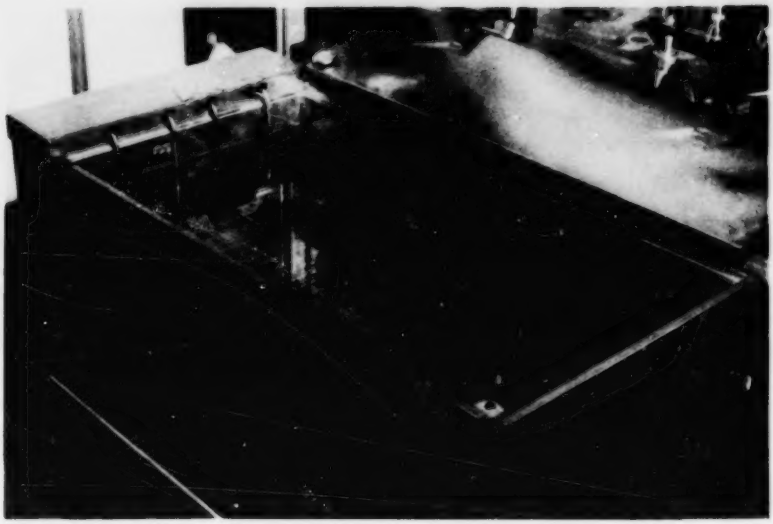


Photo 5 Bain à température constante

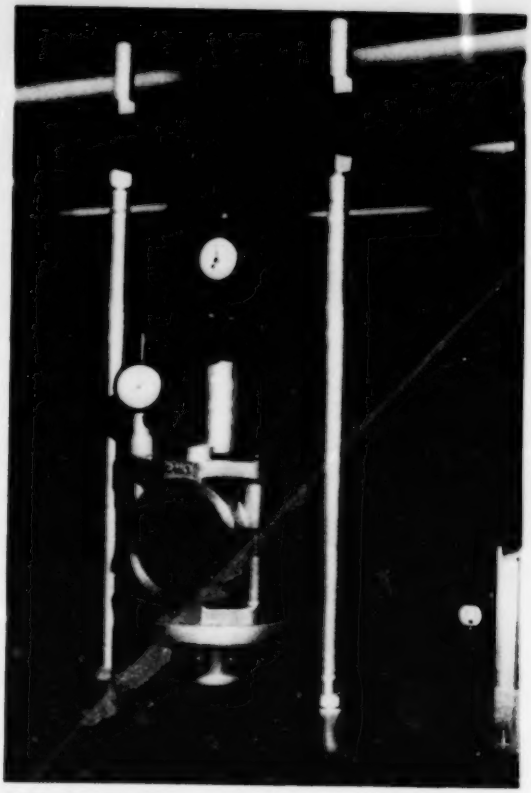


Photo 6 Stabilomètre Marshall

TABLEAU 1

FACTEUR DE CORRECTION (STABILITÉ MARSHALL)

Volume brut en cm^3	Épaisseur approx. en pouces	Facteur de correction	Volume brut en cm^3	Épaisseur approx. en pouces	Facteur de correction
200-213	1	5.56	421-431	2 1/16	1.39
214-225	1 1/16	5.00	432-443	2 1/8	1.32
226-237	1 1/8	4.55	444-456	2 3/16	1.25
238-250	1 3/16	4.17	457-470	2 1/4	1.19
251-264	1 1/4	3.85	471-482	2 5/16	1.14
265-276	1 5/16	3.57	483-495	2 3/8	1.09
277-289	1 3/8	3.33	496-508	2 7/16	1.04
290-301	1 7/16	3.03	509-522	2 1/2	1.00
302-316	1 1/2	2.78	523-535	2 9/16	0.96
317-328	1 9/16	2.50	536-546	2 5/8	0.93
329-340	1 5/8	2.27	547-559	2 11/16	0.89
341-353	1 11/16	2.08	560-573	2 3/4	0.86
354-367	1 3/4	1.92	574-585	2 13/16	0.83
368-379	1 13/16	1.79	586-598	2 7/8	0.81
380-392	1 7/8	1.67	599-610	2 15/16	0.78
393-405	1 15/16	1.56	611-625	3	0.76
406-420	2	1.47			

La stabilité obtenue avec le facteur de correction correspond à la stabilité qu'aurait une éprouvette de 2½" d'un mélange identique.

La relation volume épaisseur est basée sur une éprouvette de 2½".

L'épaisseur en po. (de l'éprouvette) peut être fourni par l'équation suivante:

$$E = 0.004854 \times V$$

où E: épaisseur en po. de l'éprouvette
V: volume en cm^3 de l'éprouvette

2.6 Extraction du bitume (ASTM D 2172)

2.6.01 Définition

— L'extraction consiste à séparer les deux principaux constituants d'un mélange bitumineux (agrégats et bitume) afin d'en connaître les proportions et d'autres caractéristiques.

2.6.02 Appareils

— Un centrifuge d'une capacité de 3 600 tr /mn. (Photo 7)

— Plat pour centrifuge d'une capacité de 1 000 g.

— Papier filtre s'adaptant sur le plat.

— Balance d'une capacité minimum de 5 000 g. et plus, ayant une précision de 0,2 g.

— Une plaque chauffante ou lampe infrarouge permettant le séchage de l'échantillon. (Photo 8)

— Ventilation adéquate permettant d'évacuer les vapeurs du solvant.

2.6.03 Procédé

— Peser le plat du centrifuge avec le papier filtre.

— Peser le plat du centrifuge, le papier filtre et environ 1 000 g. de mélange.

— Faire centrifuger, en utilisant à chaque lavage 250 cm^3 de trichloréthylène. Répéter ces lavages jusqu'à ce que le liquide reste incolore.

— Ajuster la vitesse du centrifuge à 2 200 tr /mn

N.B.: On ne doit pas laisser tremper le mélange lors du premier lavage, parce que le trichlore devient alors plus concentré en bitume et cela favorise le transport des particules fines au travers du papier filtre.

— Faire sécher jusqu'à poids constant. (Environ 30 minutes sous des lampes infrarouges).

N.B.: Il est très important de faire sécher les agrégats dans le plat du centrifuge afin d'éviter une perte d'agrégats lors de la manipulation.

— Peser ensemble le plat, les agrégats et le filtre.

— Mesurer la perte de filler selon la méthode décrite à la section 2.7.

2.6.04 Calculs

$$Bm : \frac{C}{a} \times 100$$

$$Bag : \frac{C}{(b + f)} \times 100$$

où : Bm : Pourcentage de bitume par rapport au poids du mélange.

Bag: Pourcentage du bitume par rapport au poids des agrégats.

a : Poids du mélange (avant centrifugation).

b : Poids des agrégats (après centrifugation et séchage).

C : a - (b + f): poids du bitume.

f : Poids du filler perdu.

N.B.: On exprime le résultat avec deux décimales.

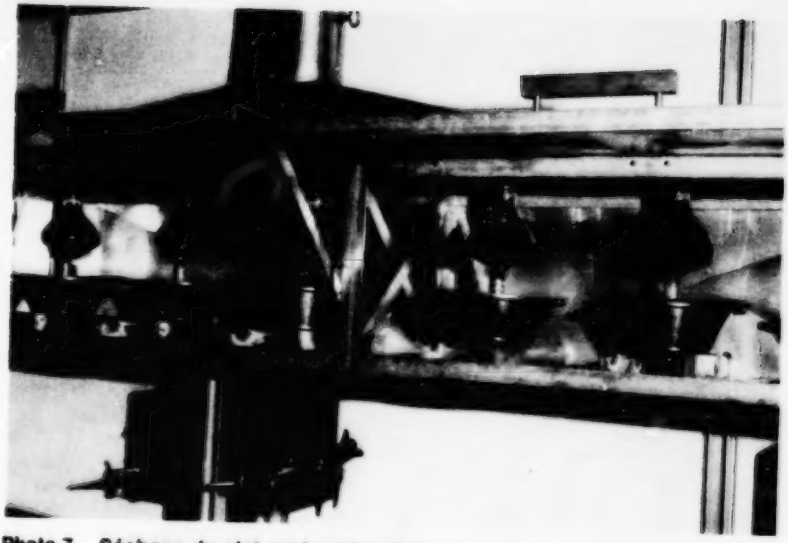


Photo 7 Séchage du plat après extraction

Photo 8 Extraction du bitume

2.7 Récupération de filler

2.7.01 Définition

— Cette opération consiste à centrifuger le liquide provenant de l'extraction afin d'en déterminer le contenu en filler et corriger ainsi le pourcentage de bitume trouvé.

2.7.02 Appareils

— Un centrifuge modèle "UV International" possèdant une vitesse maximum de 5 800 tr/mn, équipé d'un compteur de tours d'une possibilité de 0 à 6 000 tr/mn, d'une minuterie automatique (Photo 9)

— Des bouteilles à centrifuger d'une capacité de 8 oz. (227,28 cm^3).

— Un cylindre gradué d'une capacité de 2 000 ml

— Une balance électrique d'une capacité de 1 000 g. pouvant donner des lectures précises au centième de gramme.

2.7.03 Procédé

— Verser tout le trichlore récupéré de l'extracteur dans un cylindre gradué et mesurer le volume total de liquide.

— Agiter la solution minutieusement et prélever deux aliquots de 100 ml.

— Verser dans des bouteilles de centrifuge précédemment pesées.

— Équilibrer les quatre bouteilles avant de les introduire dans le centrifuge.

— Centrifuger les bouteilles pendant 2 minutes à 2 000 tr/mn.

N.B.: Le temps nécessaire à l'appareil pour atteindre la vitesse de 2 000 tr/mn est supérieur à 2 minutes.

— Enlever la solution tout en gardant environ 1 po. de solution dans le fond de la bouteille.

— Ajouter d'autre solvant propre et centrifuger pendant 2 minutes à 2 000 tr /mn.

— Transvider la solution tout en gardant environ 1 po. (25,4 mn) de solution dans le fond de la bouteille.

— Sécher le filler contenu dans la bouteille, au four à une température de 230°F (110°C) jusqu'à poids constant.

— Calculer le poids du filler en fonction du volume total du trichlore extrait (voir exemple de calcul page 38).

N.B.: Certains échantillons peuvent nécessiter trois lavages.

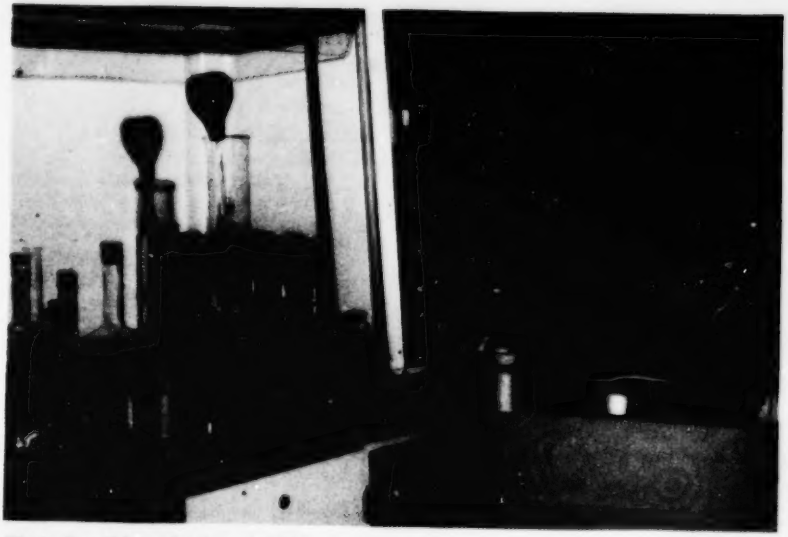


Photo 9 Récupération du filler

TABLEAU 2

RÉCUPÉRATION DE FILLER (MÉTHODE DE CENTRIFUGE)

ÉCHANTILLON NO: D 042

	A. Volume total du liquide récupéré	1.400
(1)	B. Poids de la bouteille et du filler	189.05
	C. Poids de la bouteille No. 25	188.89
	D. Poids du filler (B-C)	.16
(2)	E. Poids de la Bouteille et du filler	243.42
	F. Poids de la bouteille No. 26	243.21
	G. Poids du Filler (E-F)	.21
	H. Poids moyen du filler $\frac{(D + G)}{2}$	.186
	I. Poids total du filler $\frac{(H \times \ )}{100 \text{ ml.}}$	2.606

REMARQUES .....

.....

.....

.....

.....

Date.....19.....Analysé par .....

2.8 Granulométrie ASTM C 136

2.8.01 Définition

— C'est le classement en pourcentage des particules de différentes grosseurs qui composent un mélange d'agrégats secs.

2.8.02 Appareils

— Une balance sensible à 0,1% du poids de l'échantillon d'analyse.

— Une colonne de tamis comprenant les tamis suivants: 1", ¾", ½", ⅜", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200.

— Un système mécanique d'agitation des tamis de type "Ro-Tap".

2.8.03 Procédé

— Vérifier si les tamis sont propres, en bon état, et en ordre croissant de bas en haut.

— Après le séchage de l'échantillon, vider dans la colonne de tamis le contenu du plat ayant servi à l'essai d'extraction.

— Tamiser à la main en plaçant une assiette sous chacun des tamis, les particules retenues sur les tamis ¾", ½", ⅜" et No. 4.

N.B.: On secoue le tamis en l'agitant verticalement et horizontalement afin que l'agrégat soit constamment en mouvement sur la toile. On tamise ainsi jusqu'à ce que pas plus de 1% du poids du résidu traverse le tamis en une minute.

— Agiter les tamis inférieurs au No. 4 mécaniquement pendant 20 minutes (Photo 10).

— Peser séparément chaque fraction.

N.B.: Le total de ces pesées ne doit pas être différent de plus ou moins 5 g du poids de l'échantillon (poids des

agrégats après séchage dans l'essai d'extraction du bitume).

2.8.04 Calculs

— Le poids retenu sur chacun des tamis est exprimé en pourcentage retenu, et en pourcentage cumulatif passant.

N.B.: Le poids de filler récupéré (section 2.7) est ajouté au passant le tamis #200.

— Additionner les pourcentages cumulatifs passants des dix premiers tamis pour obtenir le total granulométrique.

— Reproduire sur un graphique les résultats de la granulométrie en utilisant les pourcentages cumulatifs passants.

Photo 10 Tamisage mécanique

2.9 Récupération du bitume

2.9.01 Définition

— La récupération de bitume consiste à distiller le liquide provenant de l'essai d'extraction, afin d'en séparer le solvant (trichloréthylène) et le bitume pour soumettre ce dernier à différents essais.

2.9.02 Appareils (Photo 11)

— Ballon à distiller d'une capacité de 1 000 ml.

— Thermomètre gradué de 20°F à 760°F (— 7°C à 393°C).

— Une extension d'environ 6 po. (152 mm).

— Un joint à trois ouvertures, angle de 75°.

— Un refroidisseur de 400 mm. de longueur.

— Un ballon de 500 ml pour recevoir le distillat.

— Un poêle à distillation avec un contrôle de température précis. (Graphique 8)

2.9.03 Procédé

— Extraire le bitume du mélange à l'aide d'un centrifuge selon la méthode décrite à 2.6

— Centrifuger le produit récupéré pendant 2 minutes à une vitesse de 2 000 tr/mn dans des bouteilles prévues à cette fin.

— Le temps nécessaire à l'appareil pour atteindre 2 000 tr/mn est supérieur à 2 minutes.

— Verser 400 ml du liquide récupéré dans un flacon à distiller de 1 000 ml. Débuter la distillation en mettant 5 à 10 po. (127 mm à 254 mm) de vacuum jusqu'à ce qu'une grande partie du produit volatil soit évaporée, puis monter le vacuum jusqu'à 28 po. (71,1 cm) pendant 5 minutes, tout en gardant la température inférieure à 200° F (93°C). Baisser

lentement le vide et enlever le trichlore propre ainsi récupéré.

— Remonter le vide à 28 po. ou mieux et garder la température à 350°F (177°C) pendant 1 hre ou 500°F (260°C) pendant ½ hre.

— Baisser lentement le vide et démonter l'appareil, conserver le bitume récupéré pour les essais.

N.B.: Les essais sur le bitume récupéré devront être faits dans la même journée que la distillation.

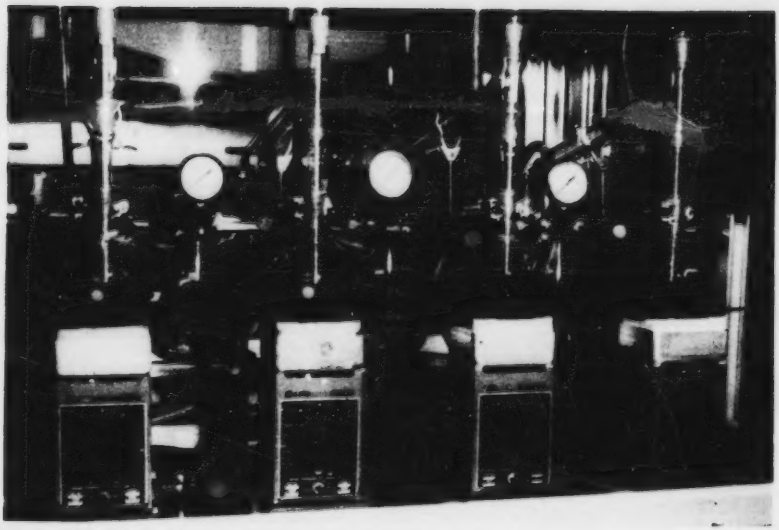
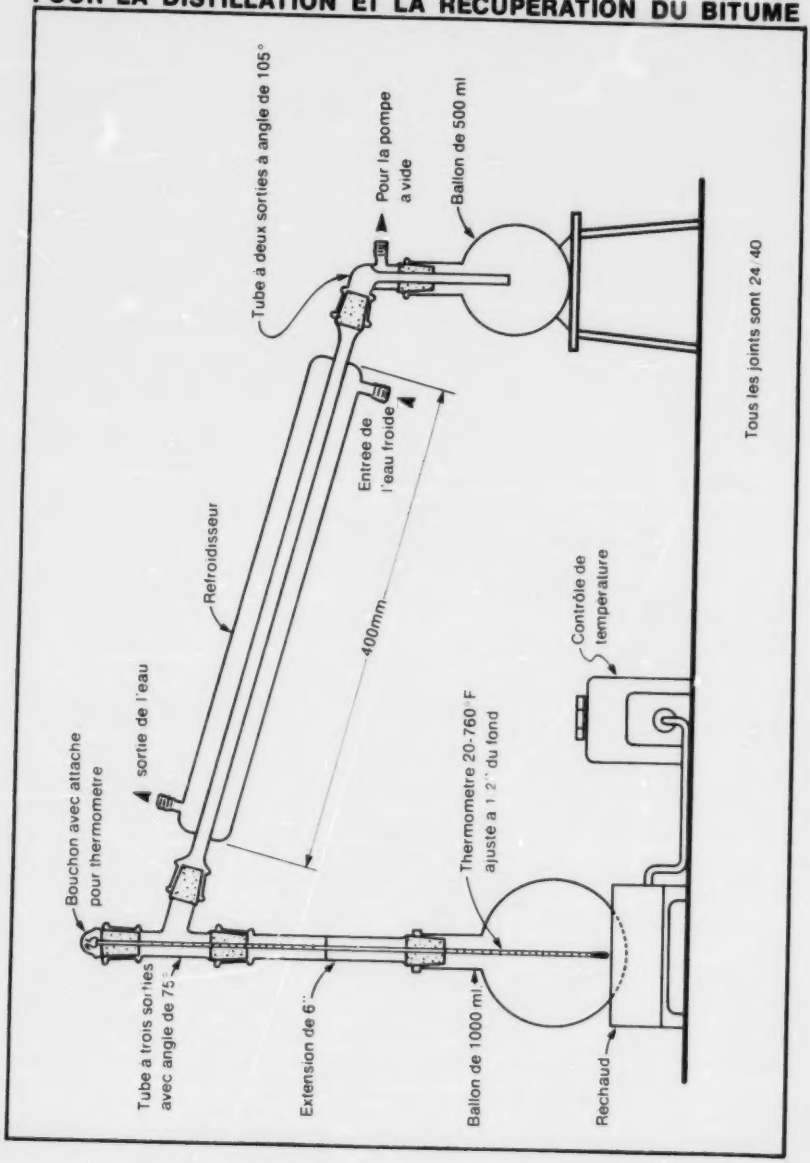


Photo 11 Distillation — Récupération du bitume

MONTAGE GRAPHIQUE 8

POUR LA DISTILLATION ET LA RÉCUPÉRATION DU BITUME



Partie 3

3.1 Détermination du pourcentage optimum de bitume

3.1.01 Définition

— Cette opération fait partie du design d'un mélange. Elle consiste à trouver le pourcentage de bitume que devrait contenir un mélange pour atteindre certaines normes de vide, de stabilité.

N.B.: Les matériaux proposés doivent satisfaire aux prescriptions indiquées dans le cahier des charges. Les mélanges d'agrégats doivent satisfaire aux conditions granulométriques prescrites.

3.1.02 Appareils

— Récipients métalliques (genre plats à pain) destinés à chauffer les agrégats.

— Des thermomètres gradués de 50°F à 450°F (10°C à 230° C) pour les agrégats et le bitume.

— Un malaxeur mécanique genre "Hobart C. 100", avec deux bols de malaxage et deux agitateurs à fils métalliques. (Photo 12)

— Une balance électrique d'une capacité minimum de 5 000 g. et d'une sensibilité de 0,1 g.

— Récipient pour chauffer et verser le bitume.

— Une étuve d'une capacité de chauffage minimum de 400° F (205°C).

3.1.03 Procédé

— Pour déterminer la teneur optimum en bitume correspondant à une granulométrie donnée, préparer une série d'éprouvettes d'essai pour différentes teneurs en bitume, de façon que les courbes représentant les résultats des essais

indiquent une valeur optimum bien définie.

— Effectuer les essais avec des teneurs en bitume s'élevant régulièrement de 0,5% et comprenant au moins deux points au-dessus et deux points au-dessous de la valeur optimum. Pour fixer les teneurs à utiliser dans les essais de laboratoire, il faut d'abord déterminer la teneur témoin ou de départ: le total granulométrique des pourcentages cumulatifs passant de dix tamis plus 120 divisé par 100 i.e. la formule "LERO"[4]. Afin d'obtenir des données suffisantes, préparer au moins trois éprouvettes pour chaque teneur en bitume considérée. L'étude d'un mélange préparé à chaud pour six teneurs différentes exige donc 18 éprouvettes d'essai. Il faut pour chaque éprouvette 1,100 g. d'agrégats.

— Placer à l'étuve toutes les fractions granulométriques de l'agrégat dans des récipients distincts et porter à une température comprise entre 350°F et 375°F (177°C et 190°C).

— Amener le bitume à une température comprise entre 250°F et 280°F (121°C et 138°C). Ne pas maintenir le bitume à cette température plus d'une heure, ne pas utiliser de bitume réchauffé.

— Placer le bol de malaxage (préalablement sali avec du mélange bitumineux) sur la balance. Verser les agrégats dans le bol et faire la tare.

— Mélanger parfaitement les agrégats et former un cratère dans le mélange. Transvider le poids du bitume désiré.

— Mélanger parfaitement le bitume et les agrégats jusqu'à ce que le bitume soit uniformément réparti (environ 1 minute avec un malaxeur mécanique).

N.B.: La température du mélange préparé ne doit jamais être inférieure à 285°F (140°C) pour le compactage. Dans le cas contraire placer le mélange au four pour qu'il atteigne la température de 300°F (149°C).

— Sur chaque éprouvette, procéder au compactage et aux essais suivants:

— Densité brute.
— Densité maximum (rice)
— Stabilité Marshall et déformation

N.B.: On peut aussi effectuer des essais d'extraction de bitume pour chaque groupe, comme vérification.

3.1.04 Calculs

— Prendre la moyenne des densités brutes pour toutes les éprouvettes d'une teneur en bitume donnée, les valeurs manifestement erronées ne seront pas en compte dans le calcul de la moyenne.

— Même procédé pour les densités maximum, les stabilités, les déformations, les pourcentages de vide, les poids unitaires et les pourcentages de vide dans les agrégats (VAM).

— Construire des graphiques (Graphique 9) dont les courbes donneront les caractéristiques physiques du mélange en fonction de la teneur en bitume et des résultats des données suivantes (Tableau 3).

a = La stabilité Marshall
b = L'indice de déformation
c = Le pourcentage de vide dans le mélange
d = Le pourcentage de vide dans les agrégats (VAM)
e = Le poids unitaires ou densité BRUTE.

3.1.05 Interprétation des résultats

— La stabilité Marshall augmente avec la teneur en bitume pour ensuite décroître.

— L'indice de déformation augmente avec la teneur en bitume.

— Le poids unitaire du mélange augmente avec la teneur en bitume, pour ensuite décroître. Habituellement le poids unitaire maximum est atteint pour une teneur en bitume légèrement supérieure à celle donnant la stabilité maximum.

— Le pourcentage de vide dans le mélange diminue à mesure que la teneur en bitume augmente pour atteindre une valeur minimum.

— Pour obtenir la teneur en bitume optimum, considérer les cinq graphiques précédemment cités. À l'aide de ces graphiques, déterminer les teneurs en bitume qui donneront:

a) La stabilité maximum
b) Le poids unitaire maximum
c) Le pourcentage de vide dans le mélange se rapprochant le plus de la moyenne des limites prévues au devis
d) L'indice de déformation se rapprochant le plus de la moyenne des limites prévues au devis
e) Le VAM égal ou supérieur à celui prévu au devis.

— La teneur optimum de bitume dans le mélange est alors la moyenne arithmétique des valeurs déterminées précédemmen*. Cependant, la teneur choisie ne doit pas correspondre à un VAM inférieur à celui prévu.

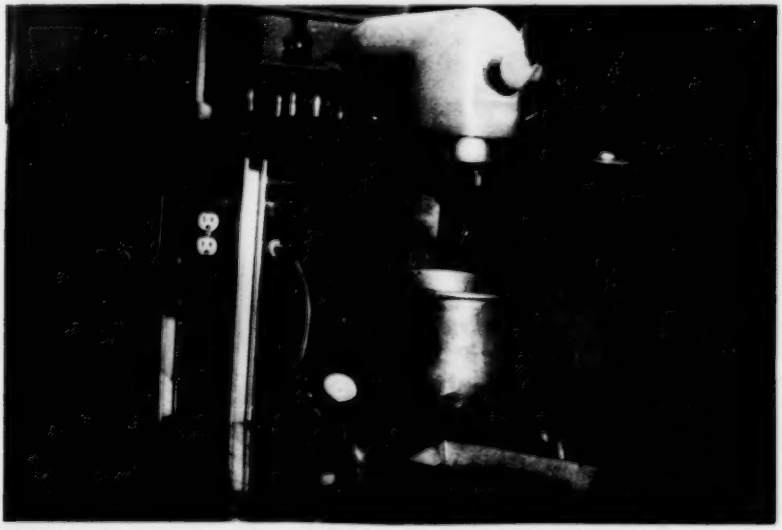


Photo 12 Malaxeur — Détermination du % optimum de bitume

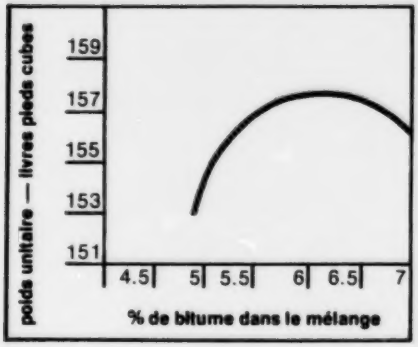
COMPILATION DE DONNÉES POUR LA DÉTERMINATION DU POURCENTAGE OPTIMUM DE BITUME

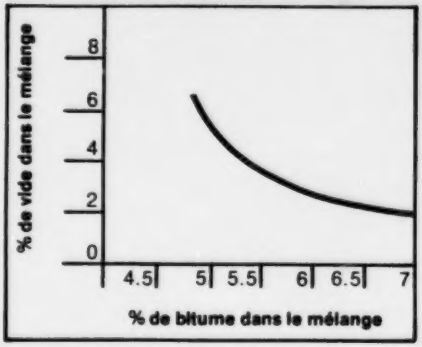
TABLEAU 3

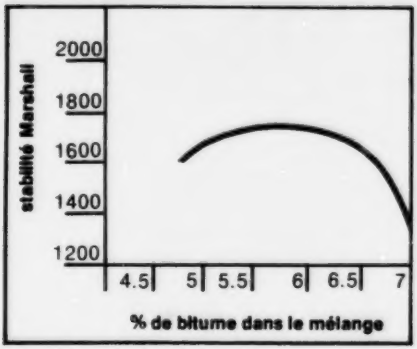
% DE BITUME		POIDS (en grammes)			VOLUME	DENSITÉ		VOLUME (% total)		VAM	POIDS	STABILITÉ		DÉF.
agrégats	mélange	air saturé	air sec	eau	BRUTE	brute	maximum	bitume	vides		UNITAIRE	mesurée	corrigée	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
					b-d	c/e		$\frac{f \times a}{1\,01}$	$\frac{g-f}{g}$	h + i	f x 62 4			
5 26	5 0	1209 2	1208 5	717 2	492 0	2 456	2 630					154	1679	10
		1215 9	1215 1	720 4	495 5	2 452	2 629					148	1613	9
		1212 8	1212 1	719 0	493 8	2 454	2 624					151	1646	11
	moyenne					2 455	2 628	12 2	6 6	18 8	153 2		1646	10
5 82	5 5	1213 6	1213 0	724 9	488 7	2 482	2 608					170	1853	12
		1216 8	1216 2	727 4	489 4	2 485	2 610					153	1668	14
		1215 0	1214 5	726 9	488 1	2 488	2 608					160	1744	11
	moyenne					2 485	2 608	13 4	4 6	18 0	155 3		1755	12
6 38	6 0	1220 4	1219 2	735 7	484 7	2 515	2 588					166	1809	12
		1225 2	1224 9	739 2	486 0	2 520	2 587					163	1777	13
		1220 6	1220 2	737 1	483 7	2 522	2 589					165	1799	14
	moyenne					2 519	2 587	15 0	2 5	17 5	157 4		1795	15
6 95	6 5	1221 8	1221 1	735 9	485 9	2 513	2 564					157	1711	16
		1234 2	1233 7	744 0	490 2	2 516	2 560					144	1570	16
		1226 0	1225 4	738 8	487 2	2 515	2 566					151	1646	17
	moyenne					2 515	2 567	16 2	1 9	18 1	157 1		1642	16
7 53	7 0	1229 4	1228 7	737 0	492 4	2 495	2 546					121	1319	17
		1221 1	1220 5	731 7	489 4	2 494	2 549					119	1297	18
		1225 9	1225 0	734 0	491 9	2 490	2 550					120	1308	17
	moyenne					2 493	2 548	17 3	2 0	19 3	155 8		1308	17

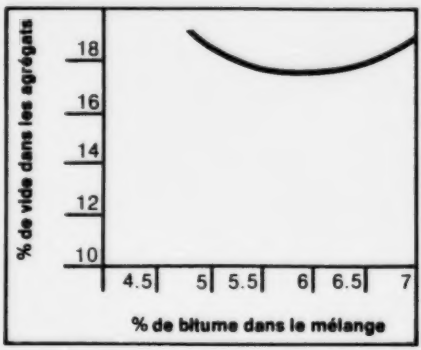
GRAPHIQUE 9

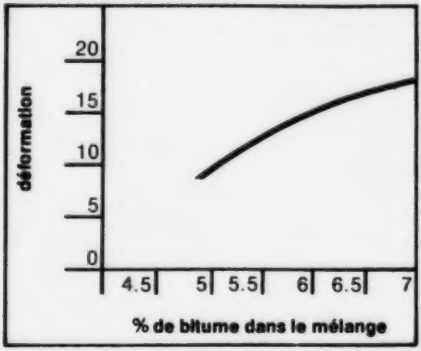
DIAGRAMMES DE DÉSIGN











Partie 4

4.1 Essais Marshall modifiés

4.1.01 Définition

— L'essai Marshall modifié est une méthode d'analyse en laboratoire de mélanges bitumineux autres que ceux préparés et posés à chaud tels que: mélange en place, stabilisation sol-bitume, mélange à froid à l'émulsion et "Foam Asphalt"

4.1.02 Procédé

— Prélever de l'échantillon reçu les quantités nécessaires pour chacun des essais suivants:

  — Compactage de deux échantillons de 1 000 g.
  — Densité maximum (environ 500 g).
  — Extraction du bitume environ 1 000 g.
  — Pourcentage de perte en poids par séchage (environ 500 g).

— Prendre les quantités prélevées et destinées aux essais d'extraction du bitume, de densité maximum et du pourcentage de perte par séchage et les placer à l'étuve à 140°F (60°C) pendant 24 heures.

— Exécuter les essais sur le mélange selon les méthodes décrites aux pages précédentes.

N.B.: Pour ce qui est du pourcentage de perte par séchage, il s'agit simplement de noter la perte de poids et la reporter en pourcentage sur le poids sec de l'échantillon.

— Utiliser la partie du mélange non séchée et placer dans les moules et appliquer 40 coups de marteau (mécanique) sur chacune des faces de l'éprouvette.

— Retirer les éprouvettes du moule, les identifier (deux éprouvettes pour un même échantillon) les placer au four à une température de 140°F (60°C) pendant une période de 24 heures.

Remarques: Si le mélange est trop fluide pour retirer l'éprouvette du moule, on laisse l'éprouvette dans le moule pour la période de séchage.

— Laisser refroidir les éprouvettes pendant 2 heures à la température ambiante.

— Déterminer la densité réelle sur les deux éprouvettes.

— Mesurer la stabilité Marshall et déterminer l'indice de déformation sur une des éprouvettes sans qu'il y ait eu au préalable une période de trempage. Ces essais se font à la température ambiante.

— Baigner l'autre éprouvette pendant 24 heures dans l'eau maintenue à une température constante de 100°F (38°C).

— Essuyer l'éprouvette en surface, la peser et déterminer la quantité d'eau absorbée.

— Laisser refroidir l'éprouvette à la température ambiante et mesurer la stabilité Marshall et la déformation.

4.1.03 Calculs et rapports

— À l'aide des résultats d'essais obtenus, calculer les données suivantes, lesquelles apparaissent sur le rapport:

a) Le pourcentage de vide dans le mélange
b) Le pourcentage de vide dans les agrégats
c) Le poids unitaire
d) La stabilité Marshall et la déformation sans trempage
e) La stabilité Marshall et la déformation après trempage
f) Le pourcentage d'absorption
g) Le pourcentage de perte par séchage
h) La teneur en bitume résiduel
i) La granulométrie du mélange.

Références citées

1 — ASTM Standards-Bituminous Materials — Part II (1973)

2 — ASTM Standards-Concrete and Mineral Aggregates — Part 10 (1973)

3 — Montreal Method for Recovery of Asphalt from Bituminous Mixtures by C. Langlois, H. Clermont, J. Hode Keyser, Proc. CTAA 1962.

4 — Formule pour déterminer la teneur optimum en bitume dans un mélange de béton bitumineux par André Lelièvre, Guy Roberge, Richard Langlois, Proc. CTAA 1973.

Autres références

— The Significance of Variation in Asphalt Content of Paving Mixtures by J. Hode Keyser and N.G. Gaudette. Special Technical Publication No. 309, ASTM.

— Le Guide du technicien, Service des Essais et Recherches, Ministère de la Voirie du Québec (1965).

— The Asphalt Institute, Méthode d'études des mélanges routiers à base de bitume préparés et posés à chaud.

AUTEURS DU VOLUME "LES MÉLANGES BITUMINEUX AU QUÉBEC"

Richard Langlois, ing., m.sc.

Richard Langlois est né à Québec en 1942. Ses études secondaires au séminaire de Gaspé lui ont permis de décrocher un baccalauréat ès-arts de l'Université Laval. De cette même université, il a obtenu un baccalauréat en sciences appliquées (génie civil) en 1967 et une maîtrise en sciences (génie civil) en 1971.

À l'emploi du ministère de la Voirie depuis 1967, le nouvel ingénieur est affecté au secteur des essais et expertises, puis au Service des sols et matériaux pour le contrôle, la recherche et l'expertise des matériaux bitumineux.

Membre de plusieurs groupements professionnels, il siège sur divers comités.

L'Association des techniques routières du Québec (AQTR)

Association of asphalt paving technical (AAPT)

L'ordre des ingénieurs du Québec

Canadian technical asphalt association (CTAA)

Office des normes du gouvernement canadien (ONGC), il y siège au comité sur les matériaux routiers.

American society for testing and material (ASTM) où il est membre du comité D4 à l'étude des matériaux pour les revêtements routiers.

Guy Roberge a.m.

Né à Charny en mai 1927, Guy Roberge a poursuivi ses études primaires au collège Notre-Dame dans sa ville natale et ses études secondaires au collège de Lévis. Après avoir obtenu un baccalauréat ès arts de l'Université Laval en juin 1949, il entre au service du gouvernement québécois en 1950, au ministère de la Voirie, devenu depuis le ministère des Transports.

Guy Roberge a complété sa formation universitaire en s'inscrivant en 1965-66 à Laval aux cours abrégés sur les mélanges bitumineux. Dans les années suivantes; à l'université québécoise et dans d'autres institutions spécialisées, il se familiarise avec d'autres techniques.

1968: traitement des données

1969: analyse et programmation

1971: techniques de génie civil

1973: cours intensifs sur les concepts et principes d'administration

1974: cours intensifs sur la gestion et les relations de travail.

De 1960 à 1972, Guy Roberge occupe le poste de chef d'équipe au Service des essais et recherches, devenu successivement le Service des essais et expertises et le Service des sols et matériaux. En 1972, il accepte la responsabilité d'agent de maîtrise au Laboratoire central du ministère des Transports (complexe scientifique), poste qu'il occupe encore.

Guy Roberge est membre de la CTAA (Canadian technical asphalt association) depuis 1973. Il a effectué en 1973 et 1974 une tournée d'information dans les régions administratives du ministère.

Michel Côté, tech. princ.

Bien qu'il soit né à Montréal le 14 juin 1945, Michel Côté a fréquenté l'école primaire et secondaire de Courville et de Montmorency. Après des études commerciales dans une institution privée de Québec, il s'inscrit aux cours de technique en génie civil, dispensés par le CEGEP de Limoilou.

À l'emploi du gouvernement provincial depuis 1964, Michel Côté est titré "technicien principal", responsable de la section des mélanges bitumineux du laboratoire central de la Direction des services techniques du ministère des Transports.

Michel Côté a poursuivi des études universitaires à Laval: cours abrégés sur les mélanges bitumineux (1964-65) et cours intensifs sur les concepts et principes d'administration (1973) dispensés par le centre interdisciplinaire de l'université de Montréal.

Depuis 1971, Michel Côté dispense des cours au CEGEP de Limoilou option mélanges bitumineux.

5 février 1975